

学校编码：10384

密级_____

学号：B200427010

廈門大學

博 士 学 位 论 文

5种鱼类肌肉品质综合评价研究

Integrated Evaluation Study on Flesh Quality of 5 Fishes

张 纹

指导教师姓名：苏永全 教授

专 业 名 称：海洋生物学

论文提交日期：2010年 5月

论文答辩时间：2010年 6月

2010年 6月

厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下,独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果,均在文中以适当方式明确标明,并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范(试行)》。

另外,该学位论文为()课题(组)的研究成果,获得()课题(组)经费或实验室的资助,在()实验室完成。(请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称,未有此项声明内容的,可以不作特别声明。)

声明人(签名):

年 月 日

厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

（ ） 1. 经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，
于 年 月 日解密，解密后适用上述授权。

（ ） 2. 不保密，适用上述授权。

（请在以上相应括号内打“ ”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。）

声明人（签名）：

年 月 日

目录

中文摘要	
英文摘要	IV
第一章 绪论	1
第一节 肉品学概述	1
1.肉品学.....	1
2.肉质的影响因素	2
3.鱼类肉质的特点	2
第二节 肌肉品质评价指标及研究进展	4
1.pH 值测定	5
2.系水力评价	6
3.嫩度分析	7
4.肌肉细胞多孔性研究.....	9
5.风味研究	11
6.营养评价	12
7.主成分分析	14
第三节 鱼肉品质评价研究进展.....	15
第四节 鱼肉品质研究的目的意义	17
第二章 生化成分分析	19
第一节 肌肉生化组分测定.....	19
1.材料与方法	19
2.结果与分析	22
3.讨论	25
第二节 肌肉脂肪酸测定	28
1.材料与方法	28
2.结果与分析	29
3.讨论	33
第三章 风味物质研究	36

第一节 肌肉氨基酸组成分析.....	36
1.材料与方法	36
2.结果与分析	37
3.讨论	42
第二节 肌肉中肌苷酸检测.....	45
1.材料与方法	45
2.结果	46
3.讨论	49
第四章 理化特性分析	52
1.材料与方法	52
2.结果与分析	53
3.讨论	59
第五章 细胞多孔性研究.....	62
第一节 组织结构分析	62
1.材料与方法	62
2.结果	63
3.讨论	65
第二节 超微结构研究.....	67
1.材料与方法	67
2.结果与分析	68
3.讨论	76
第六章 主成分分析	78
1.材料与方法	78
2.结果	81
3.讨论	88
结语与展望	92
参考文献	93
在学期间发表的文章情况	106

致谢	107
----------	-----

厦门大学博士论文摘要库

Table of Contents

Abstract in Chinese	
Abstract in English	IV
Chapter 1 Introduction	1
Part 1 Introduction of meat science	1
1. Meat science	1
2. Factors influencing meat quality	2
3. Characteristics of fish flesh	2
Part 2 Methods of meat quality evaluation	4
1. The pH analysis	5
2. Determination of water holding capacity	6
3. Tenderness analyzation	7
4. Muscle cellularity measurement	9
5. Flavor components analysis	11
6. Nutritional evaluation	12
7. Principal component analysis	14
Part 3 Review for evaluation of fish flesh quality	15
Part 4 Aims and significance of the study	17
Chapter 2 Biochemical composition determination	19
Part 1 Biochemical composition of fish flesh	19
1. Materials and methods	19
2. Results	22
3. Disussion	25
Part 2 Fatty acid of fish flesh	28
1. Materials and methods	28
2. Results	29
3. Disussion	33
Chapter 3 Flavor in fish flesh	36
Part 1 Amino Acids	36

1. Materials and methods	36
2. Results.....	37
3. Disussion.....	42
Part 2 Inosine monophosphate.....	45
1. Materials and methods	45
2. Results.....	46
3. Disussion	49
Chapter 4 Physicochemical characteristics	52
1. Materials and methods	52
2. Results.....	53
3. Disussion	59
Chapter 5 Muscle cellularity.....	62
Part 1 Structural texture	62
1. Materials and methods	62
2. Results.....	63
3. Disussion	65
Part 2 Ultrastructural texture	67
1. Materials and methods	67
2. Results.....	68
3. Disussion	76
Chapter 6 Principal component analysis	78
1. Materials and methods	78
2. Results.....	81
3. Discussion	88
Conclusion and prospect	92
References.....	93
Achievements obtained in doctoral degree study	106
Acknowledgements.....	107

摘要

本文以大黄鱼 *Pseudosciaena crocea* (Richardson)、青石斑鱼 *Epinephelus awoara* (Temminck et Schlegel)、牙鲆 *Paralichthys olivaceus* (Temminck et Schlegel)、尼罗罗非鱼 *Oreochromis nilotica* (Linnaeus)和条纹斑竹鲨 *Chiloscyllium plagiosum* (Bennett)等 5 种鱼类及 4 个不同群体的大黄鱼为研究对象, 对其生化组成、风味物质、理化特性和细胞多孔性等不同方面进行检测评价和主成分分析。主要研究结果如下:

(1)大黄鱼不同群体中, 生化组分检测结果显示: 岱衢族大黄鱼肌肉的蛋白质和水分含量较闽-粤东族大黄鱼的高, 灰分含量低, 营养价值相对较高。其中, 岱衢族中型网箱大黄鱼蛋白质含量最高(18.0 %), 与闽-粤东族宁德普通网箱大黄鱼的(16.1 %)存在极显著差异, 灰分含量最低(0.4 %), 与闽-粤东族深水网箱大黄鱼(1.0 %)存在显著差异、与闽-粤东族宁德普通网箱大黄鱼存在极显著差异(1.8 %); 脂肪酸检测结果表明: 岱衢族大黄鱼的动脉粥样硬化指数和血栓形成指数相对较低, EPA 和 DHA 含量较高, 其脂肪酸的营养价值相对较高。

氨基酸和肌苷酸检测表明: 岱衢族大黄鱼的氨基酸总量、鲜味氨基酸总量及肌苷酸含量均高于闽-粤东族大黄鱼; 理化特性研究表明: 闽-粤东族大黄鱼肌肉较细密, 系水力更强, 理化特性及口感嫩度较优。

细胞多孔性研究表明: 普通网箱养殖的大黄鱼背肌中均存在脂肪颗粒, 中型网箱和深水网箱养殖的大黄鱼则未发现, 养殖模式对鱼体脂肪含量的影响明显。

(2)5 种试验鱼类中, 生化组分检测结果显示: 条纹斑竹鲨的蛋白质的含量(21.7 %)最高、脂肪含量(0.26 %)最低, 与大黄鱼(17.3 %、3.43 %)、青石斑鱼(16.8 %、3.19 %)、牙鲆(17.9 %、3.68 %)及尼罗罗非鱼(16.5 %、3.57 %)存在极显著差异($P<0.01$)。尼罗罗非鱼的灰分含量最低(0.5 %), 与条纹斑竹鲨(1.1 %)和大黄鱼(1.0 %)存在显著差异($P<0.05$)。

脂肪酸检测结果表明: 牙鲆的 n-3 系列不饱和脂肪酸(32.3 %)、EPA 和 DHA 总量(28.4 %)都显著高于其他鱼类, 尼罗罗非鱼(分别为 4.1 %和 2.1 %)则明显低于其它 4 种海水鱼类。多不饱和脂肪酸、EPA、DHA 等与人体健康密切相关的营养元素含量呈现出海水鱼高于淡水鱼的趋势。

氨基酸组成方面: 5 种鱼类的氨基酸分(AAS)均为缬氨酸分最低, 赖氨酸分

最高。第一限制氨基酸为蛋氨酸+胱氨酸，第二限制氨基酸为缬氨酸。青石斑鱼的氨基酸总量(83.27%)、必需氨基酸指数(EAAI)值(45.29)以及鲜味氨基酸总量(37.77%)都是最高的。牙鲆的必需氨基酸比例最高(42.37%)但鲜味氨基酸比例最低(44.68%)。条纹斑竹鲨的必需氨基酸比例最低(40.61%)。大黄鱼的氨基酸总量(71.03%)和 EAAI 值(40.07)最低。

肌苷酸检测发现：牙鲆的新鲜肌肉组织和冻存后的肌肉组织中肌苷酸含量都是最高的，说明在酶促作用下，其肌肉能迅速生成肌苷酸并且降解缓慢，在冻存条件下能较长时间保持良好的鱼肉品质。软骨鱼条纹斑竹鲨新鲜和冻存肌肉组织中肌苷酸含量均较低。不同鱼类新鲜肌肉组织中肌苷酸含量均远低于冷冻保存肌肉组织中的肌苷酸含量。在-18℃低温保存的条件下，5种鱼类肌肉组织的肌苷酸含量均从死亡后开始升高，大黄鱼在1天后达到最高值外，其它鱼类都在5天后达到最大值。

理化特性研究表明：大黄鱼肌肉的系水力最好，滴水损失最少(3.94%)，贮存损失率最低(1.41%)，熟肉率最高(81.39%)，pH₁仅次于尼罗罗非鱼(6.45)，贮存24 hr后pH值是5种鱼中最高的(6.31)，表现出优良的理化特性。尼罗罗非鱼的pH₁值远高于其它鱼，但是在贮存过程中pH值变化较大，营养成分较易流失。

细胞多孔性研究发现：条纹斑竹鲨纤维细密程度最高，与其它鱼类有显著差异。与硬骨鱼相比，条纹斑竹鲨存在肌管欠发达、肌原纤维间线粒体和糖原颗粒较丰富等特征。肌节长度与肌肉运动强度密切相关，条纹斑竹鲨的背肌和尾肌肌节长度相对较长。底栖生活的牙鲆，背肌肌节长度大于尾肌，而其它鱼则是尾肌肌节长度大于背肌。

(3)大黄鱼4个群体28个肉质相关性状指标经无量纲标准转化后，选取第一、第二和第三个主成分作为评价大黄鱼肉质品质的主成分指标，分别代表健康因子、营养因子和嫩度因子。通过特征向量计算，得到各主成分及综合主成分表达式。结果显示：岱衢族大黄鱼肉质综合评价优于闽-粤东族大黄鱼，其中大黄鱼岱闽杂交种显示出一定的杂交育种优势。

同样选取3个主成分作为5种鱼类肉质品质评价的主成分指标。条纹斑竹鲨第二主成分值最高，体现了其高蛋白低脂肪的肉质特点，有利于人体保健，但第三主成分得分只排在第4，说明在口感等方面与其它鱼类相比有一定差距；大黄

鱼第二和第三主成分得分都排名靠后,表明养殖大黄鱼肌肉较为松软,在营养保健作用和适口性方面并不突出;尼罗罗非鱼的第一主成分得分、第三主成分得分和综合主成分得分均为最高,说明其脂肪酸的保健作用虽不显著,但营养成分和风味口感等各性状指标相对均衡。

关键词:5种鱼类;肌肉品质;主成分分析;综合评价

Abstract

The flesh quality of *Pseudosciaena crocea* (Richardson), *Epinephelus awoara* (Temminck et Schlegel), *Paralichthys olivaceus* (Temminck et Schlegel), *Oreochromis nilotica* (Linnaeus) and *Chilocyllum plagiosum* (Bennett) were evaluated by biochemical composition determination, flavor components analysis, physicochemical characteristics analyzation, muscle cellularity measurement and principal component analysis(PCA). Also, the meat qualities of 4 *P. crocea* groups were compared in this paper. The main results are as follows:

1. Comparing with Min-Yuedong stock, distributing in Fujian and Eastern Guandong, *P. crocea* of DaiQu stock, inhabiting in Zhejiand Province, possessed higher contents of crude protein and moisture on average but the amount of ash were lower correspondingly. Muscles of DaiQu stock cultured in Zhoushan middle type net cages(6 m × 6 m × 6 m) contained the maximum crude protein content (18.0 %) and the minimum ash content (0.4 %) thus significantly different from other groups. The DaiQu stock also showed superiority with lower indexes on AI & TI, higher total content of EPA+DHA, amino acid, DAA and IMP compared with the Min-Yuedong one. However, the water holding capacity (WHC) of Min-Yuedong stock was better than the former with thinner and denser muscle fiber. Otherwise, the lipid granular vesicle were found in *P. crocea* cultured in popular net cages(3 m × 3 m × 3 m) that indicating that different culture styles may have important influence on the content of lipid in fish musculatures.

2. The contents of crude protein (21.7 %) and crude lipid (0.26 %) detected in *C. plagiosum* were extreme significant difference with *P. crocea* (17.3 %, 3.43 %), *E. awoara* (16.8 %, 3.19 %), *P. olivaceus* (17.9 %, 3.68 %) and *O. nilotica* (16.5 %, 3.57 %). Ash in *O. nilotica* was only 0.5 %, significantly different from those in *C. plagiosum* (1.1 %) and *P. crocea* (1.0 %). As for the contents of EPA+DHA and n-3PUMA in 5 tested fishes, the highest were found in *P. olivaceus*, accounted for

28.4 % and 32.3 % respectively, the lowest only 2.1 % and 4.1 % tested in *O. nilotica*. It seemed that the total contents of PUMA, EPA and DHA in sea fish were higher than those in fresh water fish.

Among all sample, amino acid score (AAS) of Val and Lys were the lowest and the highest respectively. The first & second limited amino acids were Met+Cys and Val. *E. awoara* kept highest indexes on total content of amino acid (AA, 83.27 %), delicious amino acids (Glu, Asp, Gly, Ala and Arg, 37.77 %) and essential amino acid index (EAAI, 45.29). *P. olivaceus* possessed the highest proportion of EAA (42.37 %) but the lowest of DAA (44.68 %), while the lowest ratio of EAA (40.61 %) was examined in *C. plagiosum* and the lowest content of AA (71.03 %) and EAAI (40.07) in *P. crocea*. The IMP quantity in fresh (4.214 mg/g) and 10 days cold-storage (7.725 mg/g) samples of *P. olivaceus* were higher than those in other tested fishes. IMP contents of tested fish meats frozen in -18 °C were all higher than those of the fresh ones. All the fishes got the highest IMP contents at the 5th day except *P. crocea* which reached tiptop after 24 hours cold storage(-18 °C).

Compared and analyzed physichemical characteristic of 5 tested fishes, *P. crocea* had the best water holding capacity with the lowest drop loss(3.94 %), least storage loss (1.41 %), and the fastest cooked meat percentage (81.39 %). The muscle's pH of fresh *P. crocea* (6.45) was just lower than *O. nilotica*, while the pH of *P. crocea* muscle stored in 4 °C for 24 hrs (6.31) was higher than other tested fishes. *O. nilotica* had the highest initial pH value of 6.54, but reduced largely to 6.27 after 24hrs storage, which would result in the decrease of nutrition element.

C. plagiosum has the smallest muscle fiber diameter ($45.9 \pm 5.7 \mu\text{m}$) and largest muscle fiber density ($210.0 \pm 17.6 \text{ N/mm}^2$) with abundant mitochondrium and glycogen in myofibrils. As for the demersal fish, *P. olivaceus*, the dorsal sarcomere length was longer than that of caudal sarcomere while other tested fishes were found the sarcomere length shorter than caudal one, which indicated that the sarcomere length maybe correlated with the activity of fish muscle.

3. The 28 flesh quality traits of *P. crocea* could be combined into three independent principal components by PCA. The first one stands for the health factor,

the second one for the meat nutrition factor, and the third principal component for the tenderness factor. The comprehensive evaluation results showed that the flesh quality of DaiQu stock were higher than Min-Yuedong stock.

The 26 flesh quality traits of 5 tested fish also could be combined into three independent principal components. The result showed that Different fish has its unique meat feature, such as: 1) *C. plagiosum* ranked top in second principal component meats it is nutritious and good to human health, but only the 4th in the third principal component for its not good tenderness; 2) *P. crocea* was the last one in second and third principal components, indicating that its health effects and taste feeling was not so good as those of other tested fishes; 3) *O. nilotica* got the highest scores in the first and third principal components, thus become the best in integrated evaluation. Therefore, its nutritive proportions, fresh tenderness, flavor and taste is quite toward balance.

Key words: 5 fishes; flesh quality; principal component analysis; integrated evaluation

第一章 绪论

第一节 肉品学概述

1.肉品学

肉品学(Meat Science)即肉的科学,是一门新兴的学科,属畜牧、兽医、育种、营养、食品、生化、生理、物理的边缘科学(周光宏, 1999), 研究重点分为肉类生产、肉品质量和肉品贮藏加工等三个方面。其中肉类生产主要研究肉用畜禽品种及其产肉性能、生长发育及屠宰分割与卫生检验等;肉品质量侧重于研究肌肉的组织结构与化学成分、生物化学、食用品质及其评定;而肉品贮藏加工则主要包括肉品贮藏和加工。

广义地讲,凡作为人类食物的动物体组织均可称为“肉”。狭义地说,“肉”指动物的肌肉组织和脂肪组织以及附着于其中的结缔组织、微量的神经和血管。因为肌肉组织是肉的主体,肌肉组织的特性是支配肉的食用品质和加工性能的决定因子,因而肉品研究的主要对象是肌肉组织。

随着研究的不断深入,肉质概念已由于简单的“好吃”或“好看”等感官特征发展为至少包含 5 种属性在内的系统科学,现代肉质概念归纳为:(1)食用质量,包括色泽、风味、嫩度、多汁性等;(2)营养质量,涉及蛋白质含量及氨基酸组成、脂肪含量及脂肪酸组成(饱和脂肪酸、单元不饱和脂肪酸、多元不饱和脂肪酸比例)、维生素含量、矿物质含量等;(3)技术质量,包括系水力、pH 水平、蛋白质变性程度、脂肪饱和程度、结缔组织含量、抗氧化能力等;(4)卫生质量,涉及微生物指标、肉的腐败与酸败程度、农药残留量、重金属离子浓度等;(5)人文质量,指动物福利待遇、饲养模式等(Anderson, et al, 2000)。

从消费者的角度,肉质分为潜在肉质(不可见肉质)和可见肉质(Roschnik, et al, 1989)。前者涉及肉的安全性、营养含量、商业品牌知名度、动物的福利待遇和文化底蕴(培育模式)等,因此较为抽象而难以被消费者直接感知,属非直觉性状;后者涉及肉色、风味、嫩度、多汁性、可使用的方便程度和价位,是消费者较为敏感的直觉性状(张伟力, 2004),也就是鲜肉或加工肉的外观、适口性和营养价值等有关物理特性和化学特性的肉的质量(肌肉中对人体有用的营养物质的

性质、数量以及各营养成分间的比例)和风味(肌肉气味、味道以及适口性的综合感觉)两方面的综合体现(吴兴利等, 2004)。对于鲜肉而言, 肉色、脂肪质量、多汁性和风味是吸引消费者的基本要素; 对于加工肉来说, 消费者的注意力则主要集中在 pH 值、系水力、氧化稳定性以及无不良风味等方面(宋志刚等, 2003)。

2.肉质的影响因素

肉的品质受内外两方面因素的影响, 内部因素包括遗传因素、物质含量及其质地结构, 外部因素如环境、营养、屠宰、保鲜、运输、储存、加工和烹调等(冯仁勇等, 2005)。因此, 肉的味道与许多复杂因素相关联: 首先是动物本身的, 如品种、性别、年龄、运动量、营养情况等等; 其次是肉的处理方法, 如肉的切法、肉的保存温度和时间、肉的烹调方法等等; 再次是肉本身的, 如组成成分的质地和比例, 肉的组织学结构等等(陈代文等, 2000)。这些因素互相作用, 共同对肉的品质产生影响。其中, 遗传变异对肉质的影响比生长速率、性成熟时间等因素要低(Trygve G, et al, 1983)。不同肉质性状的遗传力差异明显, 但基本上属于中等或偏低的遗传特性, 遗传力多在 0.15-0.30(Warriss, et al, 2000)。通过直接遗传选择来改进肉质的进展不大。因此, 从生物化学、组织学方面来研究宰后肉的代谢变化、组织变化有着重要的意义: (1)有利于全面了解肉质特征的成因; (2)有利于全面了解各种肉质指标的内在联系和基本含义; (3)有利于寻找更恰当的新指标来描述肉质, 使肉质评价更全面; (4)可为通过营养调控来提高肉质提供理论依据和实际方法。

3.鱼类肉质的特点

在陆地资源开发高度发展并已趋近饱和的情况下, 以鱼类为主要内容的海洋水产资源逐渐成为人类探索开发的潜在食物蛋白源。随着人们生活水平的提高, 鱼类作为一种营养丰富的高蛋白、低脂肪食品, 正越来越多的受到人们的重视和喜爱, 对鱼肉品质的研究也日益成为人们关注的热点。

鱼类等水产品是人体所需的蛋白质、氨基酸、脂肪等营养物质的重要来源, 是人们膳食的重要组成部分, 独特的风味是其受消费者喜欢的重要原因之一, 其香味物质又可作为现代加工食品特别是方便食品的重要风味添加剂(任仙娥等, 2003)。相比于畜禽肉, 鱼肉纤维短, 肉质细嫩, 更易于消化吸收, 人体对鱼肉的消化率可达 98 %, 对儿童和老人尤为适宜。常吃鱼可补充维生素 D, 对老年

Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库